



Variabilidade da frequência cardíaca e função executiva: efeitos de diferentes protocolos de treinamento aeróbico em mulheres hipertensas na menopausa

Ribeiro, Thiago W.S.; Ferreira, Marina L.V.; Castro, Alex; Cavaglieri, Cláudia R.; Chacon-Mikahil, Mara Patrícia T.

Laboratório de Fisiologia do Exercício, Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil

Resumo

Comparamos as respostas cognitivas e autonômicas cardíacas após 12 semanas de treinamento aeróbico contínuo (TAC), e treinamento aeróbico intervalado de alta intensidade (HIIT) em idosas saudáveis. Dezesesseis mulheres ativas fisicamente, hipertensas controladas e na menopausa foram randomizadas em três diferentes grupos: TAC 3 (n=5; 61±10,32 anos; IMC 31,12±10,13 kg.m⁻²), TAC 4 (n=5; 57,60±7,02 anos; IMC 31,64±3,47 kg.m⁻²) e HIIT (n=6; 60±9,14 anos; IMC 32,53±6,45 kg.m⁻²). As variáveis executivas foram coletadas por meio do teste de Stroop na versão computadorizada TESTINPACS®. As variáveis autonômicas cardíacas foram coletadas através dos registros do intervalo R-R coletados na posição supina continuamente durante 15 minutos, por meio de cardiofrequencímetro (Polar RS800CX, Kempele, Finland). TAC 3 apresentou redução significativa no número de erros no teste de Stroop (P<0,017), além de melhora nos índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) quando comparado os momentos pré e pós treinamento e em comparação com TAC 4 respectivamente, nas variáveis (BFnu) (P<0,011) (P<0,006), (AFnu) (P<0,09)(P<0,05) e BF/AF (P<0,043) (P<0,017). Para correlação entre as respostas cognitivas e a VFC, notamos que o número de erros na etapa 3 do teste de Stroop apresentou correlações positivas com as variáveis BF(nu) (P<0,03) e BF/AF (P<0,04), e correlação negativa com a variável AF(nu) (P<0,03) para TAC 4. Esses achados demonstram que 12 semanas de TAC 3 foram suficientes para promover melhoras no controle inibitório, além de alterar o equilíbrio autonômico, diminuindo a atuação simpática e aumentando a modulação vagal sobre o coração, melhorando o equilíbrio simpato-vagal, desta forma, o grupo que melhorou significativamente os parâmetros parassimpáticos, melhorou os índices cognitivos. Demonstrando ser o protocolo de treinamento mais propício a desenvolver melhoras significativas para mulheres ativas, hipertensas e na menopausa. Adicionalmente, os testes de correlação evidenciaram para o grupo TAC 4 que a melhora no controle inibitório se associa ao aumento da atividade parassimpática.

Palavras Chave: Função Executiva; VFC; TAC; HIIT; Hipertensão; Menopausa.

Abstract

We compared cognitive and autonomic cardiac responses after 12 weeks of continuous aerobic training (CAT), and high intensity interval aerobic training (HIIT) in healthy elderly women. Sixteen physically active, controlled hypertensive and menopausal women were randomized into three different groups: TAC 3 (n=5; 61±10,32 years; BMI 31,12±10,13 kg.m⁻²), TAC 4 (n=5; 57,60±7,02 years; BMI 31,64±3,47 kg.m⁻²) e HIIT (n=6; 60±9,14 years; BMI 32,53±6,45 kg.m⁻²). The executive variables were collected through the Stroop test in the computerized version TESTINPACS®. The cardiac autonomic variables were collected through the R-R interval records collected in the supine position continuously for 15 minutes, by means of cardiofrequencimeter (Polar RS800CX, Kempele, Finland). CAT 3 showed significant reduction in the number of errors in the Stroop test (P<0.017), in addition to an improvement in the heart rate variability (HRV) index when comparing pre and post training moments and in comparison with CAT 4, respectively, in the variables (LFnu) (P<0.011) (P<0.006), (HFnu) (P<0.09) (P<0.05) and LF/HF (P<0.043) (P<0.017). For correlation between cognitive responses and HRV, we noted that the number of errors in step 3 of the Stroop test showed positive correlations with the variables LF(nu) (P<0.03) and LF/AHF (P<0.04), and negative correlation with the variable HF(nu) (P<0.03) for CAT 4. These findings demonstrate that 12 weeks of CAT 3 were sufficient to promote improvements in inhibitory control, in addition to altering the autonomic balance, decreasing the sympathetic performance and increasing the vagal modulation on the heart, improving the sympathetic-vagal balance, thus, the group which significantly improved parasympathetic parameters, improved cognitive indices. Demonstrating to be the most suitable training protocol to develop significant improvements for active, hypertensive and menopausal women. Additionally, the correlation tests showed for the TAC 4 group that the improvement in inhibitory control is associated with increased parasympathetic activity.

Keywords: Executive function; HRV; CAT; HIIT; Hypertension; Menopause.



Introdução

A hipertensão arterial, atinge 36 milhões de adultos no Brasil, podendo levar a danos no coração, rins e cérebro (SBH, 2017), prejudicando o funcionamento cognitivo (Iadecola et al., 2016), contribuindo para 50% das mortes por doenças cardiovasculares (SBC, 2016), levando a disfunção do sistema nervoso autônomo (SNA), com aumento da atividade simpática e redução do tônus parassimpático (Mussalo et al., 2008). Não obstante, o envelhecimento leva a deterioração em determinadas regiões do cérebro, principalmente no córtex pré-frontal, levando a problemas cognitivos (Peters, 2006), além de contribuir para redução dos parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), condição relacionada com maior risco para desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Liao et al., 1997).

Deste modo, o treinamento aeróbio contínuo (TAC) tem se relacionado com a melhora no desempenho cognitivo e nos índices de VFC. Albinet et al. (2010) mostraram que idosos saudáveis aumentaram os parâmetros da VFC e o desempenho executivo, após 12 semanas de TAC. Entretanto, para mulheres na menopausa e hipertensas, o trabalho de Davy, Willis & Seals (1997) mostrou que 12 semanas de treinamento aeróbio moderado não aumentaram índices de VFC, sendo necessários treinamentos mais intensos e prolongados. Nesse sentido, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) também tem mostrado diversos benefícios. Coetsee & Terblanche, (2017) afirmam que 16 semanas de HIIT melhorou a velocidade de processamento da informação e induziu melhores ganhos em função física quando comparado ao TAC, que se mostrou superior para o aprimoramento da função executiva em idosos. Já Pichot et al. (2005) descreveram melhora dos parâmetros parassimpáticos da VFC em homens idosos após 14 semanas de HIIT.

Sendo assim, vários estudos têm demonstrado os benefícios do TAC e HIIT para melhora do desempenho executivo e nos índices de VFC, no entanto, ainda não sabe se programas de treinamentos sistematizados com maior duração, volume ou intensidade são capazes de melhorar a função executiva e a VFC de forma diferenciada em mulheres ativas, hipertensas e na menopausa. Portanto, o presente estudo tem por objetivo analisar as respostas da função executiva e SNA frente a diferentes protocolos de treinamento aeróbio, comparando as respostas dos diferentes protocolos, buscando o método de treinamento mais indicado para mulheres ativas, hipertensas e na menopausa. Com isso, verificar se a melhora autonômica através destes métodos de treinamento pode levar ao aumento do desempenho executivo.

Métodos

Dezesseis mulheres fisicamente ativas (>100min de exercício/semana), hipertensas controladas e na menopausa foram randomizadas em três diferentes grupos: TAC 3 (n=5; 61±10,32 anos; IMC 31,12±10,13 kg.m⁻²), TAC 4 (n=5; 57,60±7,02 anos; IMC 31,64±3,47 kg.m⁻²) e HIIT (n=6; 60±9,14 anos; IMC 32,53±6,45 kg.m⁻²). Assinaram o TCLE aprovado pelo CEP local. Posteriormente visitaram o laboratório para realização de protocolos de avaliação pré-treinamento, sendo estas distribuídas ao longo de duas semanas e com intervalos de 48 horas. Após tais procedimentos, as voluntárias foram direcionadas de forma randomizada para três diferentes grupos de treinamento, todos com duração de 12 semanas, realizados em bicicleta ergométrica, com intensidade obtida através de teste ergoespirométrico: TAC 3 (n=5) 50 minutos de exercício aeróbio contínuo, realizados 3 vezes na semana em bicicleta ergométrica, com intensidade de 60% VO₂reserva; TAC 4 (n=5) 55 minutos de exercício aeróbio contínuo realizado 4 vezes na semana em bicicleta ergométrica com intensidade de 60% VO₂reserva e HIIT (n=6) 40 minutos de exercício aeróbio intervalado, realizados 4 vezes na semana, sendo 5 minutos de aquecimento a 60% VO₂reserva, seguidos de intervalos de 4 minutos a 85-90% VO₂reserva, intercalados com 3 minutos a 60-65% VO₂reserva, realizados por 5 vezes consecutivas, seguidos de 3 minutos de recuperação a 60% VO₂reserva. Na 7ª semana de treinamento, foi realizada novamente a avaliação cardiorrespiratória para ajuste da intensidade de treinamento, sendo a sessão de treino substituída pelo teste máximo, de modo a não interromper o programa de treinamento. Ao final de 12 semanas, todas as voluntárias realizaram mais três visitas ao laboratório para realização de avaliações pós-treinamento. Para análise da função executiva, foi utilizado teste de interferência palavra-cor de Stroop na versão computadorizada TESTINPACS®. As variáveis autonômicas cardíacas foram coletadas através dos registros do intervalo R-R coletados na posição supina continuamente durante 15 minutos, por meio de cardiofrequencímetro (Polar RS800CX, Kempele, Finland), sendo os registros transferidos posteriormente para um computador utilizando o software Polar Precision Performance® (release 3.0, Finlândia). Por meio de uma análise visual, os registros inadequados ou com interferências foram interpolados, procedendo-se o cálculo da média entre os batimentos corretos anterior e posterior. O software Kubios HRV Analysis foi utilizado para a análise da VFC (MATLAB, version 2 betas, Kuopio, Finland). Assim, o trecho de iR-R com duração de 5 minutos e

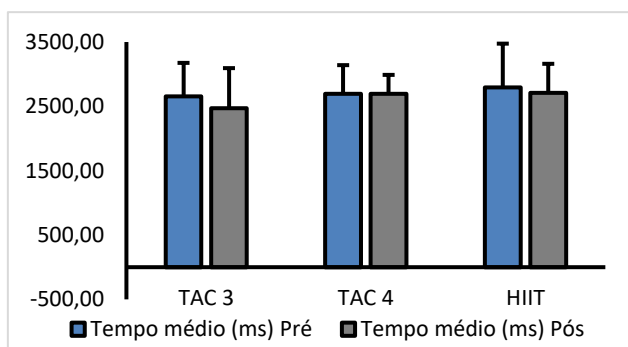
maior estabilidade foi escolhido para análise. A análise da VFC foi realizada no domínio do tempo e da frequência. No domínio do tempo os índices utilizados foram: médias dos intervalos R-R (iR-R), desvio padrão de todos os intervalos R-R normais (SDNN) e raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R adjacentes no registro dividido pelo número de iR-R em um tempo determinado menos um (RMSSD), em milissegundos. No domínio da frequência (DF), foi utilizada a transformada rápida de Fourier (FFT), sendo incluídos os dois componentes espectral: baixa frequência (BF - entre 0,04 e 0,15Hz) e alta frequência (AF - entre 0,15 e 0,50Hz), representativas das modulações cardíacas simpáticas e vagais, respectivamente, bem como a razão entre as bandas (BF/AF), referente ao balanço simpato-vagal. Os componentes espectrais foram expressos em unidades absolutas (BF e AF) e em unidades normalizadas (BFnu e AFnu) (TASK FORCE, 1996).

Após verificar a normalidade dos dados, as comparações entre os grupos foram realizadas por análise de variância, testes de correlação de Pearson foram utilizados para a análise de associação entre as variáveis. Para todas as análises, o nível de significância adotado foi de $p < 0.05$.

Resultados e Discussão

Como demonstrado na **Figura 1**, TAC 3 e HIIT mostraram pequena redução no tempo de execução, porém não encontramos resultados significativos no tempo de reação da etapa 3 do teste de Stroop para nenhum dos grupos.

Figura 1. Valores médios e desvios padrões para tempo de execução da etapa 3 do teste de Stroop.

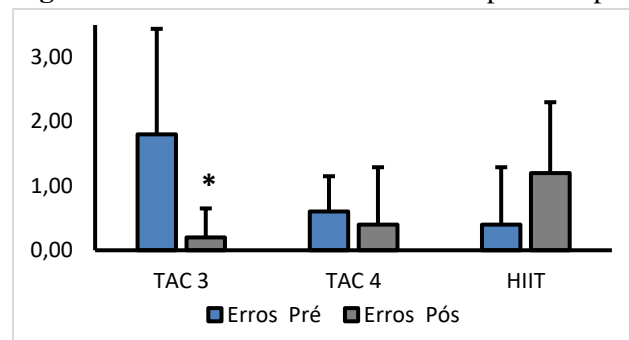


Legenda: TAC, Treinamento aeróbio contínuo; HIIT, Treinamento intervalado de alta intensidade.

A **Figura 2** evidencia atenuação no número de erros para TAC 3 ($P < 0,017$) em comparação ao momento pré, indicando melhora no índice de acerto, com isso, aprimoramento na função de inibir respostas impulsivas, indicando melhora no controle inibitório,

componente da função executiva (Stroop, 1935). Coetsee & Terblanche (2017) indicam que TAC e HIIT levam a oxigenação cerebral eficiente durante tarefa cognitiva e melhor utilização de oxigênio durante a ativação cortical em indivíduos mais velhos. Deste modo, podemos inferir que a melhora no desempenho executivo pode estar relacionada com uma vascularização cerebral mais eficiente.

Figura 2. Valores médios e desvios padrões para



número de erros da etapa 3 do teste de Stroop.

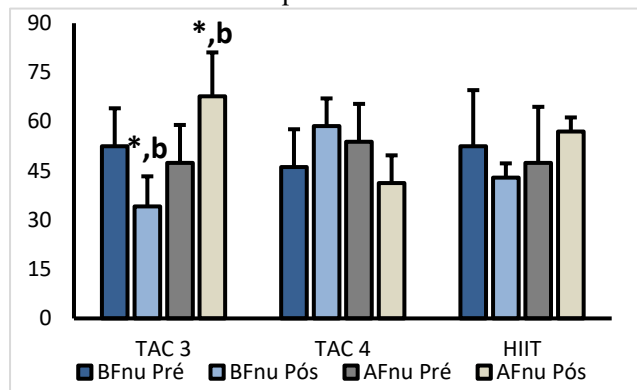
Legenda: * $p \leq 0.05$ vs. Pré; TAC, Treinamento aeróbio contínuo; HIIT, Treinamento intervalado de alta intensidade.

Para os índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), como mostram as Figuras 3 e 4 não encontramos resultados estatisticamente significativos no domínio do tempo para nenhum dos grupos, no domínio da frequência não houveram alterações significativas para os componentes espectrais BFms2 e Afms2 em valores absolutos, porém em valores normalizados, evidenciamos alteração significativa para TAC 3 quando comparado os momentos pré e pós e em relação ao grupo TAC 4 respectivamente, nos componentes baixa frequência (BFnu) ($P < 0,011$), ($P < 0,006$) que é decorrente da ação predominantemente do sistema nervoso simpático (SNS) e alta frequência (AFnu) ($P < 0,09$), ($P < 0,05$), decorrente da ação predominantemente do sistema nervoso parassimpático (SNP), bem como a razão entre as bandas (BF/AF) ($P < 0,043$), ($P < 0,017$), que reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpáticos, caracterizando o balanço simpato-vagal sobre o coração (Vanderlei, 2009).

A melhora nos índices parassimpáticos da VFC pelo exercício aeróbio pode ser considerada como índice do funcionamento neural eficiente, devido a relação entre VFC e córtex pré-frontal (HANSEN et al., 2003). Deste modo, pode-se afirmar que o aumento do fluxo sanguíneo cerebral mediado pelo TA leva ao aumento da eficiência neural pré-frontal e melhora nos índices de VFC mediados pelo parassimpático (HANSEN et al., 2004). Desta maneira, demonstramos que o TAC 3 através de melhoras cerebrovasculares melhorou os parâmetros

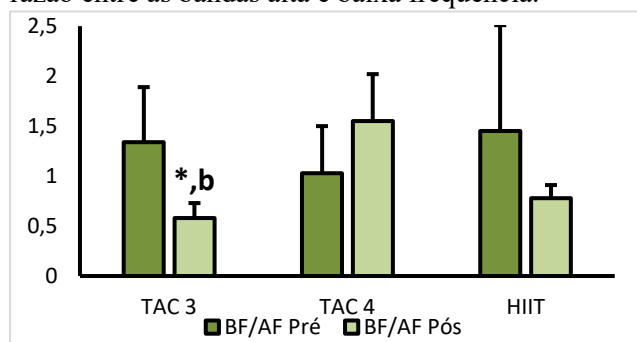
parassimpáticos e o equilíbrio simpato-vagal da VFC. Os demais grupos não apresentaram alterações significativas.

Figura 3. Valores médios e desvios padrões para os índices baixa e alta frequência normalizados.



Legenda: * $p \leq 0.05$ vs. Pré; TAC, Treinamento aeróbio contínuo; HIIT, Treinamento intervalado de alta intensidade; ^a $p \leq 0.05$ vs. TAC3; ^b $p \leq 0.05$ vs. TAC4 e ^c $p \leq 0.05$ vs. HIIT; BF(nu), baixa frequência em unidades normalizadas; AF(nu), alta frequência em unidades normalizadas.

Figura 4. Valores médios e desvios padrões para a razão entre as bandas alta e baixa frequência.



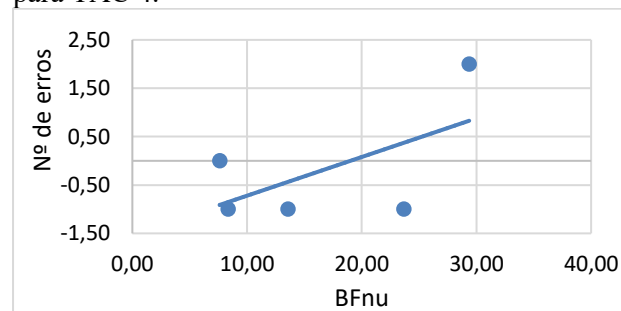
Legenda: * $p \leq 0.05$ vs. Pré; TAC, Treinamento aeróbio contínuo; HIIT, Treinamento intervalado de alta intensidade; ^a $p \leq 0.05$ vs. TAC3; ^b $p \leq 0.05$ vs. TAC4 e ^c $p \leq 0.05$ vs. HIIT; BF/AF, razão entre as bandas baixa e alta frequência.

No tocante a relação entre VFC e função executiva, De Oliveira Matos et al. (2020) indicaram que a atividade parassimpática mais elevada está associada a melhores escores em tarefas cognitivas em idosos.

Desta maneira, os resultados do presente estudo mostraram que TAC 3 levou a melhora do controle inibitório, além de aumento nos índices de VFC mediados pelo vagal. Esses dados corroboram com a literatura, evidenciando melhora concomitante para ambas as variáveis. Entretanto, apesar dos resultados mostrarem similaridade, no teste de correlação, não houve associação significativa entre as variáveis cognitivas e de VFC para TAC 3 e HIIT.

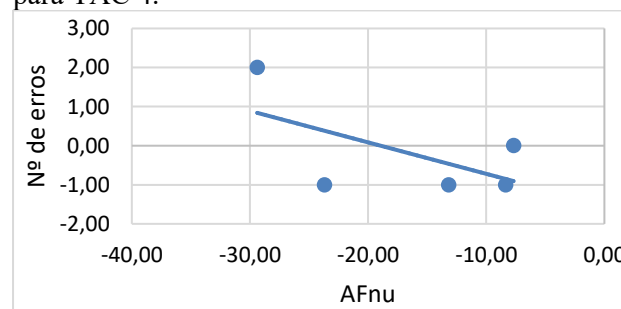
Paralelamente, houve associação significativa para TAC 4, apresentando correlação positiva entre número de erros do teste de Stroop e BF(nu), esse resultado mostra que o aumento no número de erros está associado ao aumento da atividade simpática, como mostrado no **Figura 5**.

Figura 5. Correlação entre os deltas das variáveis BFnu e Número de erros da etapa 3 do teste de Stroop para TAC 4.



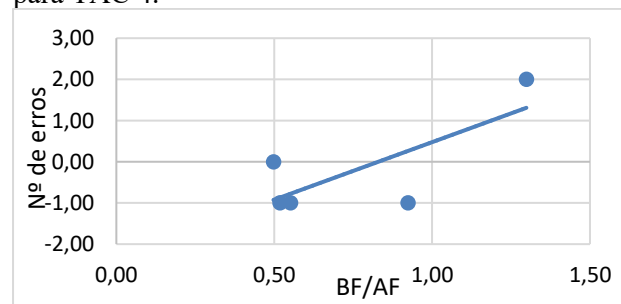
Também houve correlação negativa entre número de erros e AF(nu), mostrando que a redução no número de erros associa-se ao aumento da atividade parassimpática.

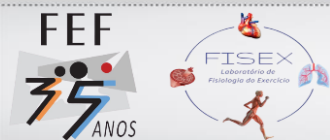
Figura 6. Correlação entre os deltas das variáveis AFnu e Número de erros da etapa 3 do teste de Stroop para TAC 4.



Adicionalmente, houve correlação positiva entre número de erros e BF/AF, evidenciando que o aumento no número de erros associa-se ao aumento da atividade simpática no índice de equilíbrio simpato-vagal.

Figura 7. Correlação entre os deltas das variáveis BF/AF e Número de erros da etapa 3 do teste de Stroop para TAC 4.





A associação entre a VFC e desempenho executivo pode ser explicada pelo modelo de integração neurovisceral, proposto por Thayer et al. (2004) sugerindo uma rede interconectada entre o córtex pré-frontal e estruturas cerebrais corticais e subcorticais, formando uma base neural comum para regulação fisiológica do controle cardíaco e cognitivo. Desta forma, evidenciamos que o TAC 3 proposto, apesar de não mostrar associação significativa, foi suficiente para melhora do controle inibitório e índices de VFC mediados pelo sistema nervoso parassimpático, para mulheres fisicamente ativas, hipertensas e na menopausa.

Conclusões

Esses achados demonstram que 12 semanas de TAC 3 foram suficientes para promover melhoras no controle inibitório, além de alterar o balanço autonômico, diminuindo a atuação simpática e aumentando a modulação vagal sobre o coração, melhorando o equilíbrio simpato-vagal, desta forma, o grupo que melhorou significativamente os parâmetros parassimpáticos, melhorou os índices cognitivos. Demonstrando ser o protocolo de treinamento mais propício a desenvolver melhoras significativas para mulheres hipertensas e na menopausa. Adicionalmente, os testes de correlação evidenciaram para o grupo TAC 4 que a melhora no controle inibitório se associa ao aumento da atividade parassimpática.

Referências

Albinet, Cédric T., et al. "Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly." *European journal of applied physiology* 109.4 (2010): 617-624.

Coetsee, C., & Terblanche, E. (2017). Cerebral oxygenation during cortical activation: the differential influence of three exercise training modalities. A randomized controlled trial. *European journal of applied physiology*, 117(8), 1617-1627.

Coetsee, Carla, & Elmarie Terblanche. "The effect of three different exercise training modalities on cognitive and physical function in a healthy older population." *European Review of Aging and Physical Activity* 14.1 (2017): 13.

Davy, K. P., W. L. Willis, & D. R. Seals. "Influence of exercise training on heart rate variability in post-menopausal women with elevated arterial blood pressure." *Clinical Physiology* 17.1 (1997): 31-40.

Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *International journal of psychophysiology*, 48(3), 263-274.

Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Sollers, J. J., Stenvik, K., & Thayer, J. F. (2004). Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *European journal of applied physiology*, 93(3), 263-272.

Iadecola, Costantino, et al. "Impact of hypertension on cognitive function: a scientific statement from the American Heart Association." *Hypertension* 68.6 (2016): e67-e94.

Liao, Duanping, et al. "Cardiac autonomic function and incident coronary heart disease: a population-based case-cohort study: the ARIC Study." *American Journal of Epidemiology* 145.8 (1997): 696-706.

Mussalo, Hanna, et al. "Heart rate variability and its determinants in patients with severe or mild essential hypertension." *Clinical Physiology* 21.5 (2001): 594-604.

Oliveira Matos, F., Vido, A., Garcia, W. F., Lopes, W. A., & Pereira, A. (2020). A neurovisceral integrative study on cognition, heart rate variability, and fitness in the elderly. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 12.

Peters, R. (2006). Ageing and the brain. *Postgraduate medical journal*, 82(964), 84-88.

Pichot, Vincent, et al. "Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity." *Clinical Autonomic Research* 15.2 (2005): 107-115.

SBC (Sociedade Brasileira de Cardiologia). "7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial." *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 107.3 sup 3 (2016).

SBH (Sociedade Brasileira de Hipertensão). O que é hipertensão. Disponível em: < <http://www.sbh.org.br/informacoes.html#o-que-e>>. Acesso em: outubro de 2020.

Stroop, J. Ridley. "Studies of interference in serial verbal reactions." *Journal of experimental psychology* 18.6 (1935): 643.

Task Force of the European Society of Cardiology. "Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use." *Circulation* 93 (1996): 1043-1065.

Thayer, Julian F., & Lane, Richard D. "Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration." *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 33.2 (2009): 81-88.

Vanderlei, Luiz Carlos Marques, et al. "Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica." *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular/Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery* 24.2 (2009): 205-217.

Nota sobre os autores

Ribeiro, T. W. S., bolsista PIBIC é aluno de graduação da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas.

Ferreira, M.L.V. é Doutoranda do programa Pós Graduação da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas.

Castro, A. é Pesquisador Colaborador do Laboratório de Fisiologia do exercício FISEX-FEF-UNICAMP.

Cavaglieri, C.R. e Chacon-Mikahil, M.P.T. são docentes do Dpto de Estudos da Atividade Física Adaptada na FEF, credenciadas nos programas de Pós Graduação em Gerontologia da Faculdade de Ciências Médicas e da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, Campinas. Bolsistas Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Todos são pesquisadores do Laboratório de Fisiologia do Exercício (FISEX, FEF).

Contato: riberoth@gmail.com

Suporte: PIBIC; CAPES; CNPq; FAEPEX; FISEX, FEF-UNICAMP.

Link deste trabalho no YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=303LWM50roE&feature=youtu.be>